

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004年2月5日 (05.02.2004)

PCT

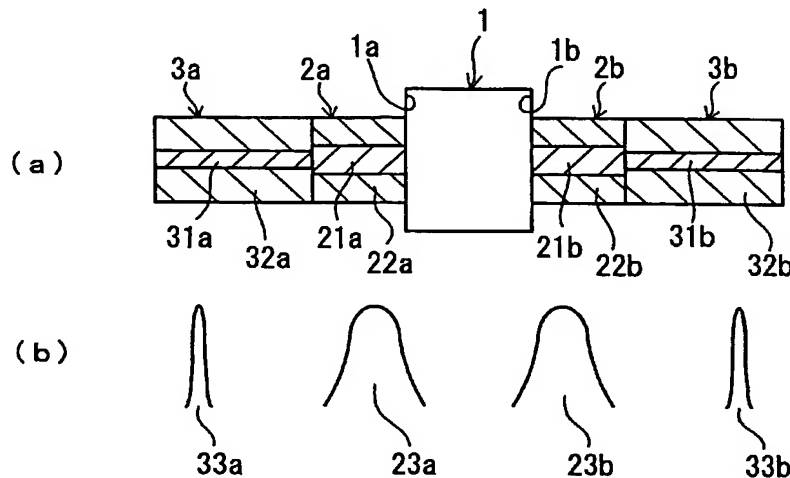
(10) 国際公開番号  
WO 2004/011973 A1

- (51) 国際特許分類: G02B 6/10, 6/26 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/008203 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤田 仁 (FUJITA, Jin) [JP/JP]; 〒210-0843 神奈川県 川崎市 川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内 Kanagawa (JP). 大登 正敬 (OTO, Masanori) [JP/JP]; 〒210-0843 神奈川県 川崎市 川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内 Kanagawa (JP). 森下 裕一 (MORISHITA, Yuichi) [JP/JP]; 〒210-0843 神奈川県 川崎市 川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内 Kanagawa (JP).  
(22) 国際出願日: 2003年6月27日 (27.06.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ: 特願2002-219701 2002年7月29日 (29.07.2002) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 昭和電線電纜株式会社 (SHOWA ELECTRIC WIRE & CABLE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒210-0843 神奈川県 川崎市 川崎区小田栄2丁目1番1号 Kanagawa (JP).  
(74) 代理人: 守谷 一雄 (MORIYA, Kazuo); 〒103-0023 東京都 中央区 日本橋本町3丁目1番13号 ロッツ和興ビル 守谷・渡部内外特許事務所 Tokyo (JP).  
(81) 指定国 (国内): CA, CN, KR, US.

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL FIBER COMPONENT

(54) 発明の名称: 光ファイバ部品



(57) Abstract: An optical fiber component comprises an optical element (1), a pair of PhC fibers (2a, 2b) with a large MFD (approximately 30 to 50  $\mu\text{m}$ ), and a pair of SM fibers (3a, 3b) with a small MFD (approximately 10  $\mu\text{m}$ ). The pair of the PhC fibers (2a, 2b) has cores (21a, 21b) for transmitting light and clads (22a, 22b) provided on the outer periphery of the cores (21a, 21b). An output end of a first PhC fiber (2a) is optically connected to a light incident end-face (1a) of the optical element (1) with the first PhC fiber output-end aligned with the optical axis of the optical element (1). An input end of a second PhC fiber (2b) is optically connected to a light exit end-face (1b) with the second PhC fiber input end aligned with the optical axis of the optical element (1). An output end of a first SM fiber (3a) is optically connected to the input end of the first PhC fiber (2a) with the first SM fiber output-end aligned with the optical axis of the first PhC fiber. An input end of a second SM fiber (3b) is optically connected to an output end of the second PhC fiber with the second SM fiber input-end aligned with the optical axis of the first PhC fiber.

(57) 要約: 本発明の光ファイバ部品は、光学素子1と、MFD(30~50 $\mu\text{m}$ 程度)の大きい一対のPhCファイバ2a、2bと、MFD(10 $\mu\text{m}$ 程度)の小さい一対のSMファイバ3a、3bとを備えている。一対のPhCファイバ2a

[続葉有]



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

、2bは、光を伝搬させるコア21a、21bと、コア21a、21bの外周に設けられたクラッド22a、22bとを備えている。光学素子1の光入射端面1aには第1のPhCファイバ2aの出力端が光学素子1の光軸と一致させて光学的に接続され、光出射端面1bには第2のPhCファイバ2bの入力端が光学素子1の光軸と一致させて光学的に接続されている。また、第1のPhCファイバ2aの入力端には第1のSMファイバ3aの出力端が第1のPhCファイバの光軸と一致させて光学的に接続され、第2のPhCファイバの出力端には第2のSMファイバ3bの入力端が第1のPhCファイバの光軸と一致させて光学的に接続されている。

## 明細書

## 光ファイバ部品

## 技術分野

- 5      この発明は、光ファイバ部品に係わり、特に、光伝送システムを構成する光伝送路と光素子間などの光の結合部分に使用される光ファイバ部品に関する。

## 背景技術

- 10      一般に、光伝送システムは、光伝送路やバルク型光デバイス（光アイソレータ、光スイッチなど）などを備えており、これらの光伝送路やバルク型光デバイスにおいては、光伝送路を構成する光ファイバから出射する光がバルク型光デバイスに入射され、バルク型光デバイスから出射する光が再び光ファイバに入射するように構成されている。

- 15      ここで、光ファイバから出射する光はレンズによってコリメートされ、バルク型光デバイスから出射する光は再びレンズによって集光されて光ファイバに入射するように構成されている。

- 20      しかしながら、このような構成の光の結合においては、光ファイバとしてコア径が小さいシングルモードファイバ（Single Mode Fiber：以下「SMファイバ」と略称する。）を使用した場合、SMファイバ、レンズおよびバルク型光デバイスのアライメントが複雑化するため、コストアップの要因になるという難点があった。

- 25      このため、（イ）図11に示すように、バルク型光デバイス10の両端に一对のグリーンレンズ（Gradient Index Lens）20a、20bを配設し、これらのグリーンレンズ20a、20bの両側に一对のSMファイバ30a、30bを配設したいわゆるグリーンレンズ方式（特開2001-75026号公報、特開平11-52293号公報参照）、（ロ）図12に示すように、バルク型光デバイス10の両端にTEC（Thermal Expanded）処理を施した一对のファイバ（以下「TECファイバ」と略称する。）40a、40bの一方の端面をそれぞれ光学的に接続し、一对のTECファイバ40a、40bの他方

の端面にそれぞれSMファイバ30a、30bを光学的に接続したいいわゆるTEC方式（特開昭63-33706号公報参照）、（ハ）図13に示すように、バルク型光デバイス10の両端に一对のグレーデッドインデックスファイバファイバ（Graded Index Fiber：以下「GIファイバ」と略称する。）50a、50bの一方の端面を光学的に接続し、一对のGIファイバ50a、50bの他方の端面にそれぞれSMファイバ30a、30bを光学的に接続したいいわゆるGIF方式が提案されている（J. LIGHTWAVE TECHNOLOGY VOL. LT・5 NO.9 1987、J. LIGHTWAVE TECHNOLOGY VOL. 20 NO.5 2002参照）。

- 10      しかしながら、（イ）のグリーンレンズ方式においては、シングルモードで光デバイスと光接続されることから接続損失が低く、構成部品が安価であるものの、構成が複雑であり、アライメントに要する工程が増え、全体的にコストアップになるという難点があった。また、（ロ）のTEC方式においては、シングルモードでコア拡大が可能となり、TECファイバ部分の放射損失が低いことから低損失でモードフィールド径（Mode Field Diameter：以下「MFD」と略称する。）の拡大が可能となり、さらに、シングルモードで光デバイスと光接続されることから接続損失が低くなるものの、構成部品が高価であり、TEC加工に長時間を要し、さらに、TECファイバ部分の長さを調整することが困難であるという難点があった。さらに、（ハ）のGIF方式においては、構成
- 15      部品が安価であり、比屈折率差やコア径などのGIファイバの作製条件によりMFDの大きさやGIファイバの長さを調整することができるものの、シングルモードで光デバイスと光接続することができないという難点があり、また、GIファイバの長さを調整することによってコリメート光にする必要があるため、GIファイバの長さの微妙な調整が難しく、ひいては十分なコリメートを得ることが
- 20      できず、また対向するSMファイバとGIファイバ間における接続損失が大きくなるという難点があった。

本発明は、上述の難点を解決するためになされたもので、フォトニック結晶ファイバ（以下「PhCファイバ」と略称する。）を用いることにより、シングルモードで光学素子と光接続することができ、接続損失が低い光ファイバ部品を提

供することを目的としている。

#### 発明の開示

このような目的を達成するため、本発明の光ファイバ部品は、一方に光入射端面を有し、他方に光出射端面を備える光学素子と、光学素子の両端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対のP h Cファイバと、一対のP h Cファイバの他方の端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対のSMファイバとを備え、一対のP h CファイバのMFDは、一対のSMファイバのMFDよりもそれぞれ相対的に大きくされている。

- 10      また、本発明の光ファイバ部品は、一方に光入射端面を有し、他方に光出射端面を備える光学素子と、光学素子の両端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対のP h Cファイバと、一対のP h Cファイバの他方の端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対のコリメートレンズと、一対のコリメートレンズの他方の端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対のSMファイバとを備え、一対のP h CファイバのMFDは、一対のSMファイバのMFDよりもそれぞれ相対的に大きくされ、一対のコリメートレンズのMFDはSMファイバからP h Cファイバに向かってそれぞれ漸次緩やかに拡張されている。

- 15      さらに、本発明の光ファイバ部品における光学素子は、光アイソレータ、光フィルタ、光スイッチ若しくは光可変減衰器またはこれらの組合せから構成されている。
- 20      いる。

本発明の光ファイバ部品は、SMファイバと、SMファイバの一方の端面に、一方の端面が光学的に接続され、そのMFDがSMファイバのMFDよりも相対的に大きくされたP h Cファイバとを備え、P h Cファイバの外径は、光コネクタを構成するフェルルールと実質的に同径とすることも可能である。

- 25      また、本発明の光ファイバ部品は、SMファイバと、SMファイバの一方の端面に、一方の端面が光学的に接続され、そのMFDが漸次緩やかに拡張されたコリメートレンズと、コリメートレンズの他方の端面に、一方の端面が光学的に接続され、そのMFDがSMファイバのMFDよりも相対的に大きくされたP h Cファイバとを備え、P h Cファイバの外径は、光コネクタを構成するフェルルール

と実質的に同径とすることも可能である。

さらに、本発明の光ファイバ部品におけるコリメートレンズは、グレーデッドインデックスファイバで構成することも可能である。

5 本発明の光ファイバ部品における P h C ファイバの端面に、G I ファイバの端面を融着することも可能である。

また、本発明の光ファイバ部品における P h C ファイバの先端部に、コネクタハウジングを取り付けることも可能である。

さらに、本発明の光ファイバ部品における P h C ファイバの M F D は、少なくとも  $20\ \mu\text{m}$  であることが好ましい。

10 本発明の光ファイバ部品によれば、P h C ファイバを用いることにより、シングルモードで光学素子と光接続することができることから、接続損失を小さくすることができる。また、P h C ファイバによれば、M F D の大きさを自由に設計することができることから、シングルモードでコア拡大が可能となり、ひいては、光学素子の設計に応じて容易に光結合を行なうことができる。さらに、P h C  
15 ファイバの M F D を大きくすることで伝搬光の回折角が小さくなり、ひいては、光学素子へ結合する際の接続損失を小さくすることができる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は本発明の光ファイバ部品の第 1 の実施形態を示す説明図で、図 1 (a)  
20 は同光ファイバ部品の一部縦断面図、図 1 (b) は同光ファイバ部品中を伝搬する波形の説明図である。

図 2 は本発明の光ファイバ部品における P h C ファイバの横断面図である。

図 3 は本発明の光ファイバ部品の第 2 の実施形態を示す説明図で、図 3 (a)  
25 は同光ファイバ部品の一部断面図、図 3 (b) は同光ファイバ部品中を伝搬する波形の説明図である。

図 4 は本発明の光ファイバ部品の第 3 の実施形態を示す説明図で、図 4 (a)  
は同光ファイバ部品の一部断面図、図 4 (b) は同光ファイバ部品中を伝搬する  
波形の説明図である。

図 5 は本発明の光ファイバ部品の第 4 の実施形態を示す説明図で、図 5 (a)

は同光ファイバ部品の一部断面図、図 5 (b) は同光ファイバ部品中を伝搬する波形の説明図である。

図 6 は本発明の光ファイバ部品の第 5 の実施形態を示す説明図で、図 6 (a) は同光ファイバ部品の一部断面図、図 6 (b) は同光ファイバ部品中を伝搬する  
5 波形の説明図である。

図 7 は本発明の光ファイバ部品の第 6 の実施形態を示す説明図で、図 7 (a) は同光ファイバ部品の一部断面図、図 7 (b) は同光ファイバ部品中を伝搬する波形の説明図である。

図 8 は本発明の光ファイバ部品の第 7 の実施形態を示す説明図で、図 8 (a) は同光ファイバ部品の一部縦断面図、図 8 (b) は同光ファイバ部品中を伝搬する波形の説明図である。  
10

図 9 は本発明の光ファイバ部品の第 8 の実施形態を示す説明図で、図 9 (a) は同光ファイバ部品の一部縦断面図、図 9 (b) は同光ファイバ部品中を伝搬する波形の説明図である。

15 図 10 は本発明の光ファイバ部品の第 9 の実施形態を示す平面図である。

図 11 は従来の光ファイバ部品の一部縦断面図である。

図 12 は従来の光ファイバ部品の一部縦断面図である。

図 13 は従来の光ファイバ部品の一部縦断面図である。

## 20 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の光ファイバ部品を適用した好ましい実施の形態例について、図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る光ファイバ部品の一部縦断面図、図 2 は P h C ファイバの横断面図を示している。

25 図 1 において、本発明の光ファイバ部品は、光アイソレータ、光フィルタ、光スイッチ若しくは光可変減衰器またはこれらの組合せから構成される光学素子 1 と、MFD (30 ~ 50  $\mu$ m 程度) の大きい一対の P h C ファイバ 2 a、2 b と、MFD (10  $\mu$ m 程度) の小さい一対の SM ファイバ 3 a、3 b とを備えており、光学素子 1 の一方には光入射端面 1 a が、他方には光出射端面 1 b が設けられて

いる。また、一对のPhCファイバ2a、2bは、光を伝搬させるコア21a、21bと、コア21a、21bの外周に設けられたクラッド22a、22bとを備えており、同様に、一对のSMファイバ3a、3bも、それぞれ光を伝搬させるコア31a、31bと、コア31a、31bの外周に設けられたクラッド32a、32bとを備えている。

ここで、PhCファイバ2a、2bは、図2に示すように、コア21a、21bに相当する石英等のガラス棒の周りに、クラッド22a、22bに相当するガラス管を多数束ね、規則的に形成されたプリフォームロッドをファイバ状に紡糸したもので構成されている。なお、PhCファイバ2a、2bのコア21a、21bの断面は円形もしくは多角形（六角形など）とされている。

このようなPhCファイバ2a、2bはクラッド22a、22bに相当するガラス管の穴径や穴間距離を調整することで、一般的に使用されるSMファイバに比べ、大きな有効屈折率差、コア径を自由に設計することが可能となり、さらに、使用する波長に応じてシングルモードで大きなMFDを実現できる特徴を備えている。

次に、光学素子1の光入射端面1aには、図中左側のPhCファイバ2a（以下「第1のPhCファイバ2a」という。）の一方の端面（出力端）が光学素子1の光軸と一致させて光学的に接続され、光出射端面1bには、図中右側のPhCファイバ2b（以下「第2のPhCファイバ2b」という。）の一方の端面（入力端）が光学素子1の光軸と一致させて光学的に接続されている。また、第1のPhCファイバ2aの他方の端面（入力端）には、図中左側のSMファイバ3a（以下「第1のSMファイバ3a」という。）の一方の端面（出力端）が第1のPhCファイバの光軸と一致させて光学的に接続され、第2のPhCファイバの他方の端面（出力端）には、図中右側のSMファイバ3b（以下「第2のSMファイバ3b」という。）の一方の端面（入力端）が第2のPhCファイバ2bの光軸と一致させて光学的に接続されされている。なお、第1、第2のPhCファイバ2a、2bと第1、第2のSMファイバ3a、3b間は、鏡面加工した両者の接続端面をバーナーやアーク放電などで加熱することにより融着接続することができ、また、第1のPhCファイバ2aの出力端と光学素子1間および第



2のPhCファイバ2aの入力端2bと光学素子1間は、光学的な接着剤またはマッチングオイルなどの塗布により光学的に接続することができる。

このような構成の光ファイバ部品においては、図1(b)に示すように、第1のSMファイバ3aの入力端から入射される光は、小さいMFDの波形33aで第1のSMファイバ3a中を伝搬し、第1のSMファイバ3aの出力端から出射される。また、第1のSMファイバ3aから出射される光は、第1のPhCファイバ2aの入力端に入射され、第1のPhCファイバ2aにおいて大きいMFDの波形23aに拡大され、シングルモードで第1のPhCファイバ2a中を伝搬し、光学素子1の光入射端面1aに入射される。そして、光学素子1を通過し、その光出射端面1bから出射される光は、第2のPhCファイバ2bの入力端に入射され、この第2のPhCファイバ2b中を大きいMFDの波形23bでかつシングルモード状態で伝搬し、第2のPhCファイバ2bの出力端から出射される。また、第2のPhCファイバ2bから出射される光は、第2のSMファイバ3bの入力端に入射され、この第2のSMファイバ3bにおいて小さいMFDの波形33bに縮小され、シングルモードで第2のSMファイバ3b中を伝搬する。

従って、第1の実施形態に係る光ファイバ部品によれば、シングルモードで光学素子と光接続することができることから、接続損失を小さくすることができる。

図3は、本発明の第2の実施形態に係る光ファイバ部品の一部縦断面図を示している。なお、同図において、図1および図2と共通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

図3において、第2の実施形態に係る光ファイバ部品は、一方に光入射端面1aを、他方に光出射端面1bを有する光学素子1を備えており、この光学素子1の光入射端面1aには第1のPhCファイバ2aの一方の端面（出力端）が光学素子1の光軸と一致させて光学的に接続され、光出射端面1bには第2のPhCファイバ2bの一方の端面（入力端）が光学素子1の光軸と一致させて光学的に接続されている。また、第1のPhCファイバ2aの他方の端面（入力端）には第1のGIファイバ4aの一方の端面（出力端）が第1のPhCファイバ2aの光軸と一致させて光学的に接続され、第2のPhCファイバ2bの他方の端面（出力端）には第2のGIファイバ4bの一方の端面（入力端）が第2のPhC

ファイバ 2 b の光軸と一致させて光学的に接続されている。さらに、第 1 の G I  
ファイバ 4 a の他方の端面（入力端）には第 1 の SMファイバ 3 a の一方の端面  
（出力端）が第 1 の G I ファイバ 4 a の光軸と一致させて光学的に接続され、第  
2 の G I ファイバ 4 b の他方の端面（出力端）には第 2 の SMファイバ 3 b の一  
5 方の端面（入力端）が第 2 の G I ファイバ 4 b の光軸と一致させて光学的に接続  
されている。

ここで、第 1、第 2 の P h C ファイバ 2 a、2 b の M F D（ $30 \sim 50 \mu\text{m}$  程  
度）は、第 1、第 2 の SMファイバ 3 a、3 b の M F D（ $10 \mu\text{m}$  程度）よりも  
大きくされ、また、第 1、第 2 の G I ファイバ 4 a、4 b の M F D は、それぞれ  
10 第 1、第 2 の SMファイバ 3 a、3 b から対応する第 1、第 2 の P h C ファイバ  
2 a、2 b に向かって  $10 \mu\text{m}$  程度から  $30 \sim 50 \mu\text{m}$  程度に漸次緩やかに拡大  
されている。

第 2 の実施形態に係る光ファイバ部品においては、図 3（b）に示すように、  
第 1 の SMファイバ 3 a の入力端から入射される光は、小さい M F D の波形 3 3  
15 a で第 1 の SMファイバ 3 a 中を伝搬し、第 1 の SMファイバ 3 a の出力端から  
出射される。また、第 1 の SMファイバ 3 a から出射される光は、第 1 の G I フ  
アイバ 4 a の入力端に入射され、第 1 の G I ファイバ 4 a において M F D の波形  
4 3 a が  $10 \mu\text{m}$  程度から  $30 \sim 50 \mu\text{m}$  程度に漸次緩やかに拡大されて、第 1  
の P h C ファイバ 2 a の入力端に入射される。そして、第 1 の P h C ファイバ 2  
20 a において大きい M F D の波形 2 3 a でかつシングルモードで第 1 の P h C ファ  
イバ 2 a 中を伝搬し、光学素子 1 の光入射端面 1 a に入射される。しかして、光  
学素子 1 を通過し、その光出射端面 1 b から出射される光は、第 2 の P h C ファ  
イバ 2 b の入力端に入射され、この第 2 の P h C ファイバ 2 b 中を大きい M F D  
の波形 2 3 b でかつシングルモード状態で伝搬し、第 2 の P h C ファイバ 2 b の  
25 出力端から出射される。また、第 2 の P h C ファイバ 2 b から出射される光は、  
第 2 の G I ファイバ 4 b の入力端に入射され、この第 2 の G I ファイバ 4 b にお  
いて M F D の波形 4 3 b が  $30 \sim 50 \mu\text{m}$  程度から  $10 \mu\text{m}$  程度に漸次緩やかに  
縮小されて、第 2 の SMファイバ 3 b の入力端に入射され、この第 2 の SMファ  
イバ 3 b において小さい M F D の波形 3 3 b でかつシングルモードで第 2 の SM

ファイバ 3 b 中を伝搬する。

従って、第 2 の実施形態に係る光ファイバ部品においても、シングルモードで光学素子と光接続することができることから、接続損失を小さくすることができる。

- 5      図 4 は、本発明の第 3 の実施形態に係る光ファイバ部品の説明図を示している。なお、同図において、図 3 と共通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

第 3 の実施形態に係る光ファイバ部品においては、光学素子として光アイソレータ 1 a が使用されている。

- 10      この実施例において光学測定を行なったところ、波長 1 5 5 0 n m にて、第 1、第 2 の SM ファイバ 3 a、3 b 間における挿入損失が 0. 5 d B で、アイソレーションが 4 5 d B であった。

図 5 は、本発明の第 4 の実施形態に係る光ファイバ部品の説明図を示している。なお、同図において、図 3 と共通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

15

第 4 の実施形態に係る光ファイバ部品においては、光学素子として光可変減衰器 1 b が使用されている。

この実施例において光学測定を行なったところ、波長 1 5 5 0 n m にて、駆動電圧が 0 ~ 1 0 V で、可変減衰量が 0. 5 ~ 2 5 d B であった。

- 20      図 6 は、本発明の第 5 の実施形態に係る光ファイバ部品の説明図を示している。なお、同図において、図 3 と共通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

第 5 の実施形態に係る光ファイバ部品においては、光学素子として光スイッチ 1 c が使用されている。

- 25      この実施例において光学測定を行なったところ、波長 1 5 5 0 n m にて、駆動電圧が 0、1 0 V で、減衰量が 0. 5、2 5 d B であった。

図 7 は、本発明の第 6 の実施形態に係る光ファイバ部品の説明図を示している。なお、同図において、図 4 と共通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

第6の実施形態に係る光ファイバ部品においては、図4に示す第1、第2のSMファイバ3a、3bに代えて第1、第2のSM-NSP (Non-Strip p a b l e P r i m a r y C o a t e d) ファイバ3a'、3b'が使用されている。ここで、SM-NSPファイバ3a'、3b'は、例えば外径が115  
5  $\mu\text{m}$ のクラッドの表面に、非剥離性のポリマ樹脂から成るNSP層を薄く（例えば5  $\mu\text{m}$ 程度）被覆した光ファイバ心線で、被覆除去後もNSP層がクラッドを保護するため機械的強度が高く、また、NSP径が125  $\mu\text{m}$ 程度とされ、通常のSMファイバと同等の性能を有している。

この実施例においては、V溝上にそれぞれ端面を研磨した第1、第2のSM-  
10 NSPファイバ3a'、3b'、第1、第2のGIファイバ4a、4bおよび第1、第2のPhCファイバ2a、2bが配置され、各端面がメカニカルスプライスで固定されている。なお、これらのファイバの各端面にはマッチングオイルが塗布されている。

この実施例において光学測定を行なったところ、波長1550nmにて、第1、  
15 第2のSM-NSPファイバ3a'3b'間における挿入損失が1dBで、アイソレーションが42dBであった。

図8は、本発明の第7の実施形態に係る光ファイバ部品の説明図を示している。なお、同図において、図1から図3と共通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

20 図8において、第7の実施形態に係る光ファイバ部品は、MFD (30~50  $\mu\text{m}$ 程度)の大きい第1のPhCファイバ2a (または第2のPhCファイバ2b)と、MFD (10  $\mu\text{m}$ 程度)の小さい第1のSMファイバ3a (第2のSMファイバ3b)とを備えており、両者の接続端面は前述の実施例と同様に両者の光軸を一致させて光学的に接続されている。

25 ここで、第1のPhCファイバ2a (または第2のPhCファイバ2b)の外径Dは、例えばFCコネクタ (不図示)などの光コネクタに実装されるフェルルール (不図示)の径 (1.25mm)と実質的に同径とされている。

この実施例においては、第1のPhCファイバ2a (または第2のPhCファイバ2b)の外径Dが光コネクタのフェルルールの径と実質的に同径とされている

ことから、コネクタ形状で光学素子 1 との光結合を行なうことができる。

図 9 は、本発明の第 8 の実施形態に係る光ファイバ部品の説明図を示している。なお、同図において、図 1 から図 3 および図 8 と共通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

5 図 9 において、第 8 の実施形態に係る光ファイバ部品は、MFD (30~50  $\mu\text{m}$  程度) の大きい第 1、第 2 の PhC ファイバ 2 a、2 b と、MFD (10  $\mu\text{m}$  程度) の小さい第 1、第 2 の SM ファイバ 3 a、3 b とを備えており、両者の接続端面はそれぞれ前述の実施例と同様にそれぞれ両者の光軸を一致させて光学的に接続されている。

10 ここで、第 1、第 2 の PhC ファイバ 2 a、2 b の外径 D は、第 3 の実施形態に係る光ファイバ部品と同様に、それぞれフェルールの径と実質的に同径とされている。

この実施例においては、第 1、第 2 の PhC ファイバ 2 a、2 b の外径 D が光コネクタのフェルールの径と実質的に同径とされていることから、コネクタ形状  
15 で第 1 の PhC ファイバ 2 a と第 2 の PhC ファイバ 2 b との光結合を容易に行なうことができる。

図 10 は、本発明の第 9 の実施形態に係る光ファイバ部品の説明図を示している。なお、同図において、図 1 から図 3 および図 8 から図 9 と共通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

20 図 10 において、第 9 の実施形態に係る光ファイバ部品は、MFD (30~50  $\mu\text{m}$  程度) の大きい第 1 の PhC ファイバ 2 a (または、第 2 の PhC ファイバ 2 b) と、MFD (10  $\mu\text{m}$  程度) の小さい第 1 の SM ファイバ 3 a (または、第 2 の SM ファイバ 3 b) とを備えており、両者の接続端面は前述の実施例と同様に両者の光軸を一致させて光学的に接続されている。ここで、第 1 の PhC  
25 ファイバ 2 a (または、第 2 の PhC ファイバ 2 b) の外径は、第 3 の実施形態に係る光ファイバ部品と同様に、フェルールの径と実質的に同径とされている。

また、第 1 の PhC ファイバ 2 a (または、第 2 の PhC ファイバ 2 b) の一方の端部 (先端部) の外周には、スペーサ (不図示) を介してコネクタハウジング 5 が取り付けられており、第 1 の PhC ファイバ 2 a (または、第 2 の PhC

ファイバ2 b)の先端面は、コネクタハウジング5の端面より若干突出する如くして配設されている。

この実施例においては、コネクタハウジング5の取り付けにより、第1のPhCファイバ2 a (または、第2のPhCファイバ2 b)の先端部がプラグ形状と  
5 されていることから、当該第1のPhCファイバ2 a (または、第2のPhCファイバ2 b)の先端部をでアダプタ(不図示)に接続することができる。

なお、前述の実施例においては、PhCファイバのMFDを30~50  $\mu\text{m}$ にした場合について述べているが、当該MFDは、少なくとも20  $\mu\text{m}$ 必要である。  
20  $\mu\text{m}$ 未満にすると、PhCファイバとSMファイバ(若しくはGIファイバ)との光軸合わせが困難になるからである。

また、前述の実施例においては、第1、第2のPhCファイバと第1、第2のSMファイバとを光学的に接続した場合について説明しているが、第1、第2のPhCファイバと第1、第2のSMファイバ間に、第1、第2のコリメートレンズを光学的に接続してもよい。

15 さらに、前述の実施例においては、第1、第2のPhCファイバの外径と第1、第2のGIファイバの外径を同径にした場合について述べているが、前者の外径と後者の外径を異ならせてもよい。

#### 産業上の利用の可能性

20 以上の説明から明らかなように、本発明の光ファイバ部品によれば、PhCファイバを用いることにより、シングルモードで光学素子と光接続することができることから、接続損失を小さくすることができる。また、PhCファイバによれば、MFDの大きさを自由に設計することができることから、シングルモードでコア拡大が可能となり、ひいては、光学素子の設計に応じて容易に光結合を行な  
25 うことができる。さらに、PhCファイバのMFDを大きくすることで伝搬光の回折角が小さくなり、ひいては、光学素子へ結合する際の接続損失を小さくすることができる。

## 請求の範囲

1. 一方に光入射端面を有し、他方に光出射端面を備える光学素子と、前記光学素子の両端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一对のフォトニック結晶ファイバと、前記一对のフォトニック結晶ファイバの他方の端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一对のシングルモードファイバとを備え、

前記一对のフォトニック結晶ファイバのモードフィールド径は、前記一对のシングルモードファイバのモードフィールド径よりもそれぞれ相対的に大きくされていることを特徴とする光ファイバ部品。

2. 一方に光入射端面を有し、他方に光出射端面を備える光学素子と、前記光学素子の両端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一对のフォトニック結晶ファイバと、前記一对のフォトニック結晶ファイバの他方の端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一对のコリメートレンズと、前記一对のコリメートレンズの他方の端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一对のシングルモードファイバとを備え、

前記一对のフォトニック結晶ファイバのモードフィールド径は、前記一对のシングルモードファイバのモードフィールド径よりもそれぞれ相対的に大きくされ、前記一对のコリメートレンズのモードフィールド径は前記シングルモードファイバから前記フォトニック結晶ファイバに向かってそれぞれ漸次緩やかに拡張されていることを特徴とする光ファイバ部品。

3. 前記光学素子は、光アイソレータ、光フィルタ、光スイッチ若しくは光可変減衰器またはこれらの組合せから構成されていることを特徴とする請求項1または請求項2記載の光ファイバ部品。

4. シングルモードファイバと、前記シングルモードファイバの一方の端面に、一方の端面が光学的に接続され、そのモードフィールド径が前記シングルモードファイバのモードフィールド径よりも相対的に大きくされたフォトニック結晶ファイバとを備え、

前記フォトニック結晶ファイバの外径は、光コネクタを構成するフェルルールと実質的に同径とされていることを特徴とする光ファイバ部品。

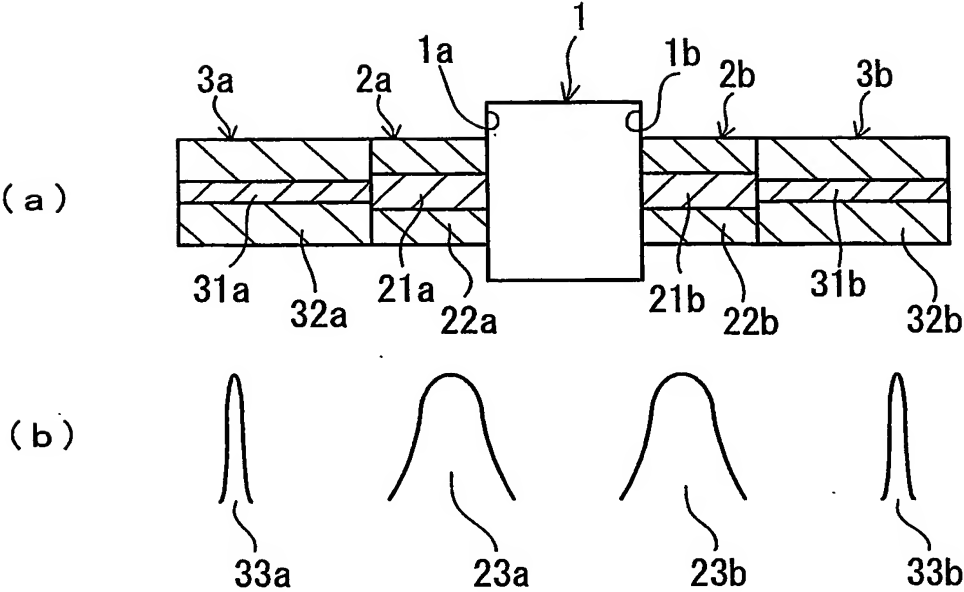
5. シングルモードファイバと、前記シングルモードファイバの一方の端面に、

一方の端面が光学的に接続され、そのモードフィールド径が漸次緩やかに拡張されたコリメートレンズと、コリメートレンズの他方の端面に、一方の端面が光学的に接続され、そのモードフィールド径が前記シングルモードファイバのモードフィールド径よりも相対的に大きくされたフォトニック結晶ファイバとを備え、

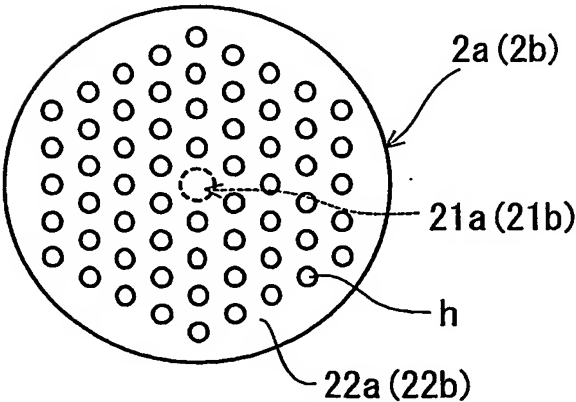
- 5 前記フォトニック結晶ファイバの外径は、光コネクタを構成するフェルールと実質的に同径とされていることを特徴とする光ファイバ部品。
6. 前記コリメートレンズは、グレーデッドインデックスファイバであることを特徴とする請求項 2 または請求項 5 記載の光ファイバ部品。
7. 前記フォトニック結晶ファイバの端面に、前記グレーデッドインデックスファイバの端面が融着されていることを特徴とする請求項 6 記載の光ファイバ部品。
- 10 8. 前記フォトニック結晶ファイバの先端部に、コネクタハウジングが取り付けられていることを特徴とする請求項 4 から 7 の何れかに記載の光ファイバ部品。
9. 前記フォトニック結晶ファイバのモードフィールド径は、少なくとも  $20\ \mu\text{m}$  であることを特徴とする請求項 1 から 8 の何れかに記載の光ファイバ部品。



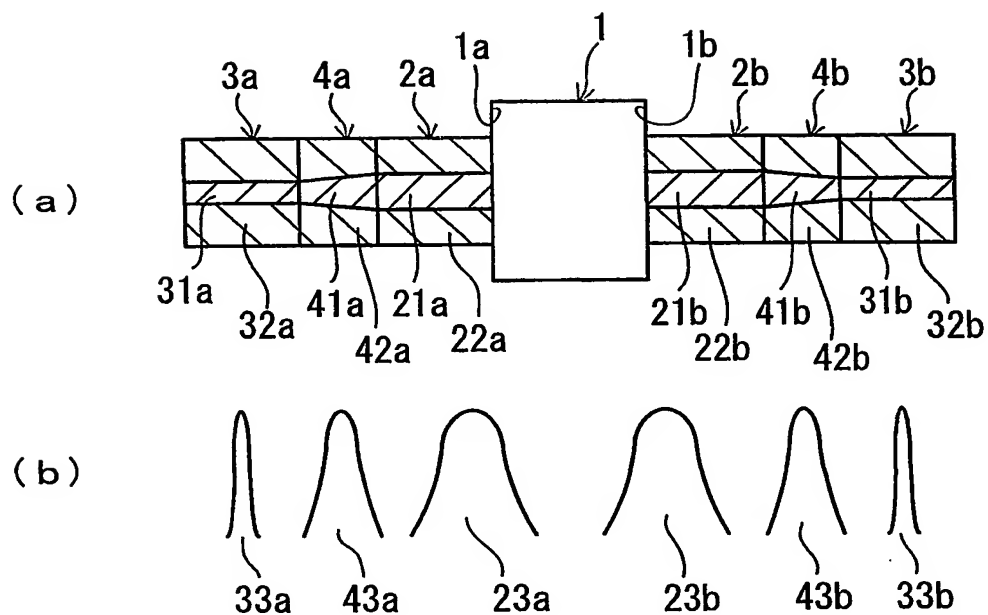
第 1 図



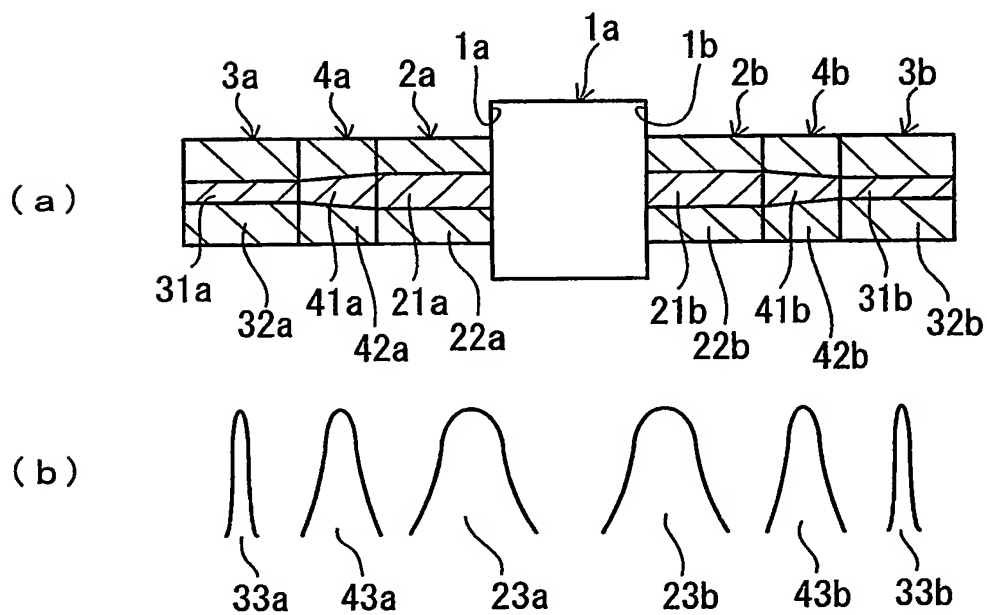
第 2 図



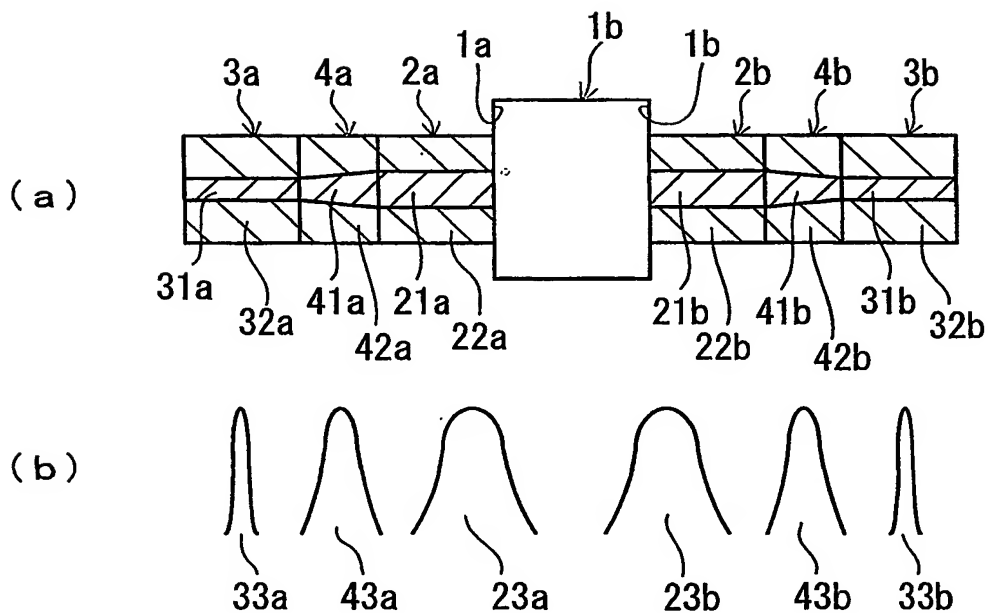
第 3 図



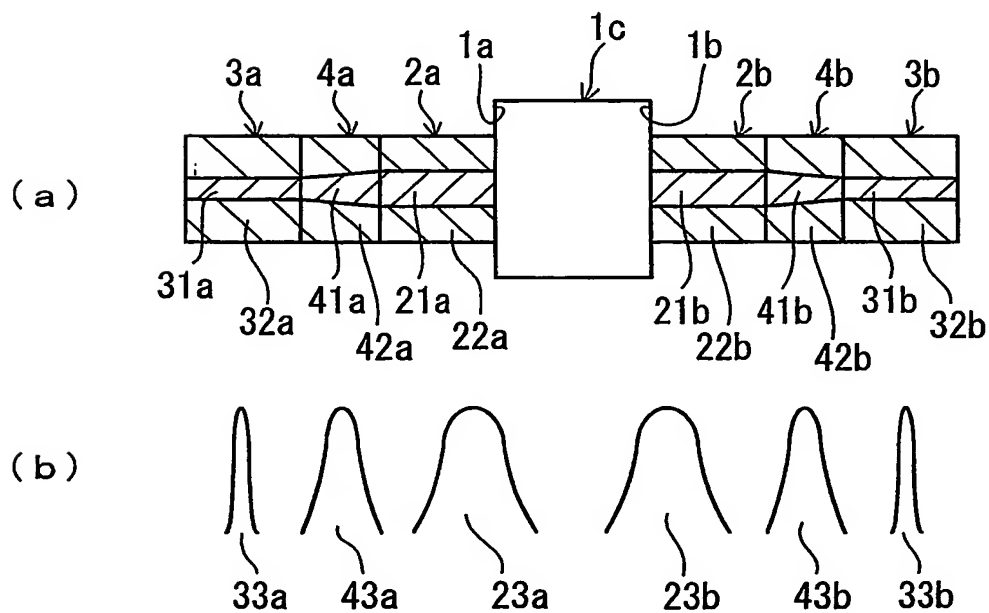
第 4 図



第 5 図

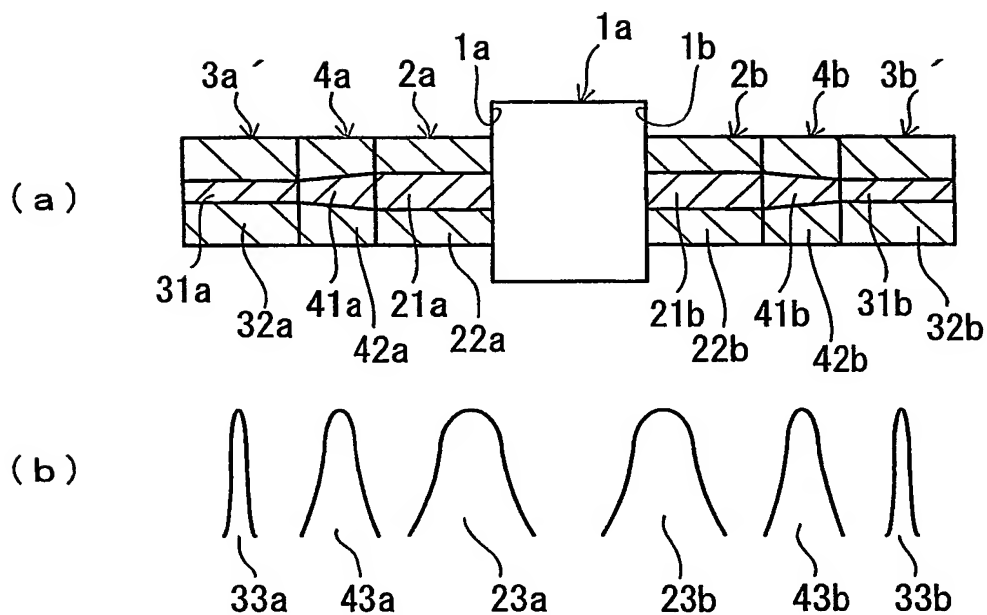


第 6 図

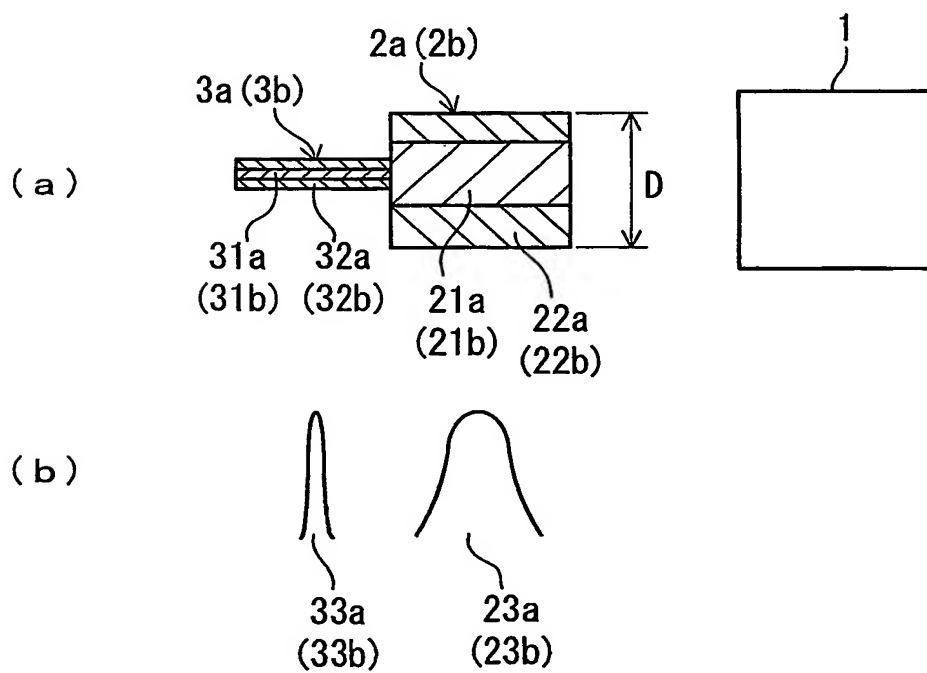


4/6

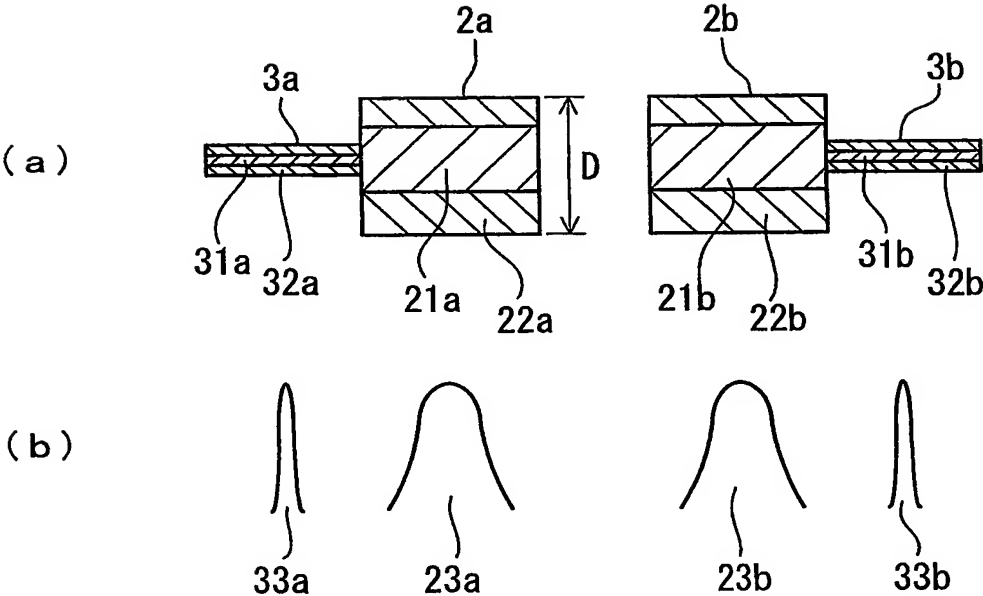
第 7 図



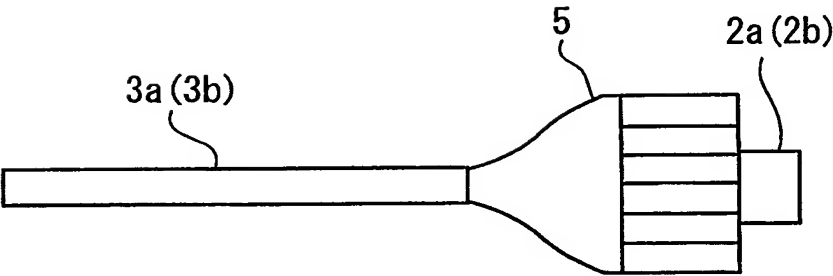
第 8 図



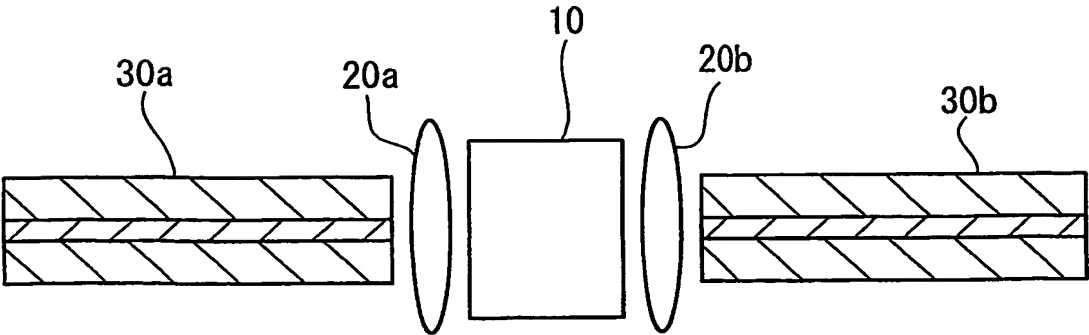
第 9 図



第 10 図

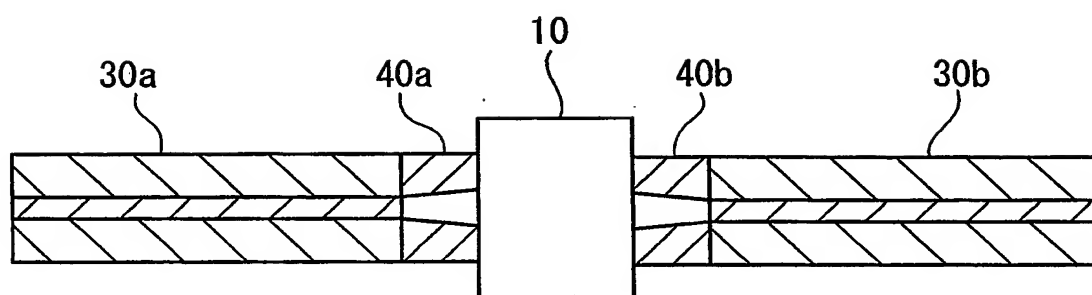


第 11 図

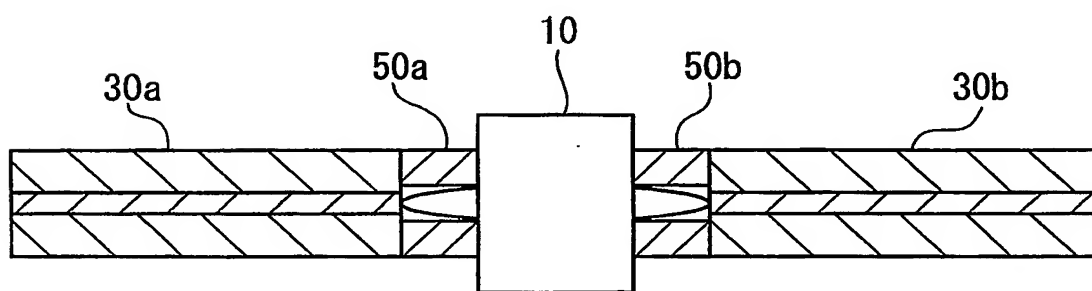


6/6

第 12 図



第 13 図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08203

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> G02B6/10, G02B6/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G02B6/10, G02B6/26, G02B6/42

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JICST FILE (JOIS)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-34837 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 10 February, 1994 (10.02.94), Par. Nos. [0015] to [0017]; Fig. 2 (Family: none)	1-9
Y	BIRKS, T.A. et al 'Endlessly single-mode photonic crystal fiber.', In: OPTICS LETTERS., July 1997, Vol.22, No.13, p.961-3	1-9
Y	WO 01/71403 A1 (CORNING INC.), 27 September, 2001 (27.09.01), Page 8, line 32 to page 9, line 5; page 11, lines 10 to 23; Figs. 1, 9 & JP 2003-528347 A Par. Nos. [0020], [0027]; Figs. 1, 9 & EP 1285294 A & US 2002-9261 A1 & AU 4756301 A	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
02 October, 2003 (02.10.03)

Date of mailing of the international search report  
21 October, 2003 (21.10.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08203

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 5-40209 A (Mitsubishi Electric Corp.), 19 February, 1993 (19.02.93), Par. Nos. [0014] to [0016]; Figs. 1 to 4 (Family: none)	2, 3, 6, 7
Y	EP 1046935 A1 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.), 25 October, 2000 (25.10.00), Par. Nos. [0024], [0044] to [0046]; Figs. 1, 6 & WO 19253 A1 & CA 2309029 A & US 6332053 B1	1-9
A	JP 62-191806 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 22 August, 1987 (22.08.87), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-9
P,A	JP 2002-243971 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 28 August, 2002 (28.08.02), Full text; Figs. 5 to 7 (Family: none)	1-9



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02B6/10, G02B6/26

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02B6/10, G02B6/26, G02B6/42

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公案 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICST FILE (JOIS)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 6-34837 A (住友電気工業株式会社) 1994. 02. 10, 段落番号【0015】-【0017】, 図2 (ファミリーなし)	1-9
Y	BIRKS, T.A. et al 'Endlessly single-mode photonic crystal fiber.' In: OPTICS LETTERS. July 1997, Vol. 22, No. 13, p. 961-3	1-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02. 10. 03

国際調査報告の発送日

21. 10. 03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

井上 博之

2K

3211

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 01/71403 A1 (CORNING INCORPORATED) 2001.09.27, 第8頁第32行目-第9頁第5行目, 第11頁第10行目-第11頁第23行目, Figure 1, 9 & JP 2003-528347 A, 段落番号【0020】, 【0027】, Figure 1, 9 & EP 1285294 A & US 2002-9261 A1 & AU 4756301 A	1-9
Y	JP 5-40209 A (三菱電機株式会社) 1993.02.19, 段落番号【0014】-【0016】, 図1-4 (ファミリーなし)	2,3,6,7
Y	EP 1046935 A1 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 2000.10.25, 段落番号【0024】, 【0044】-【0046】, Fig 1, 6 & WO 19253 A1 & CA 2309029 A & US 6332053 B1	1-9
A	JP 62-191806 A (日本電信電話株式会社) 1987.08.22, 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	1-9
PA	JP 2002-243971 A (三菱電線工業株式会社) 2002.08.28, 全文, 図5-7 (ファミリーなし)	1-9